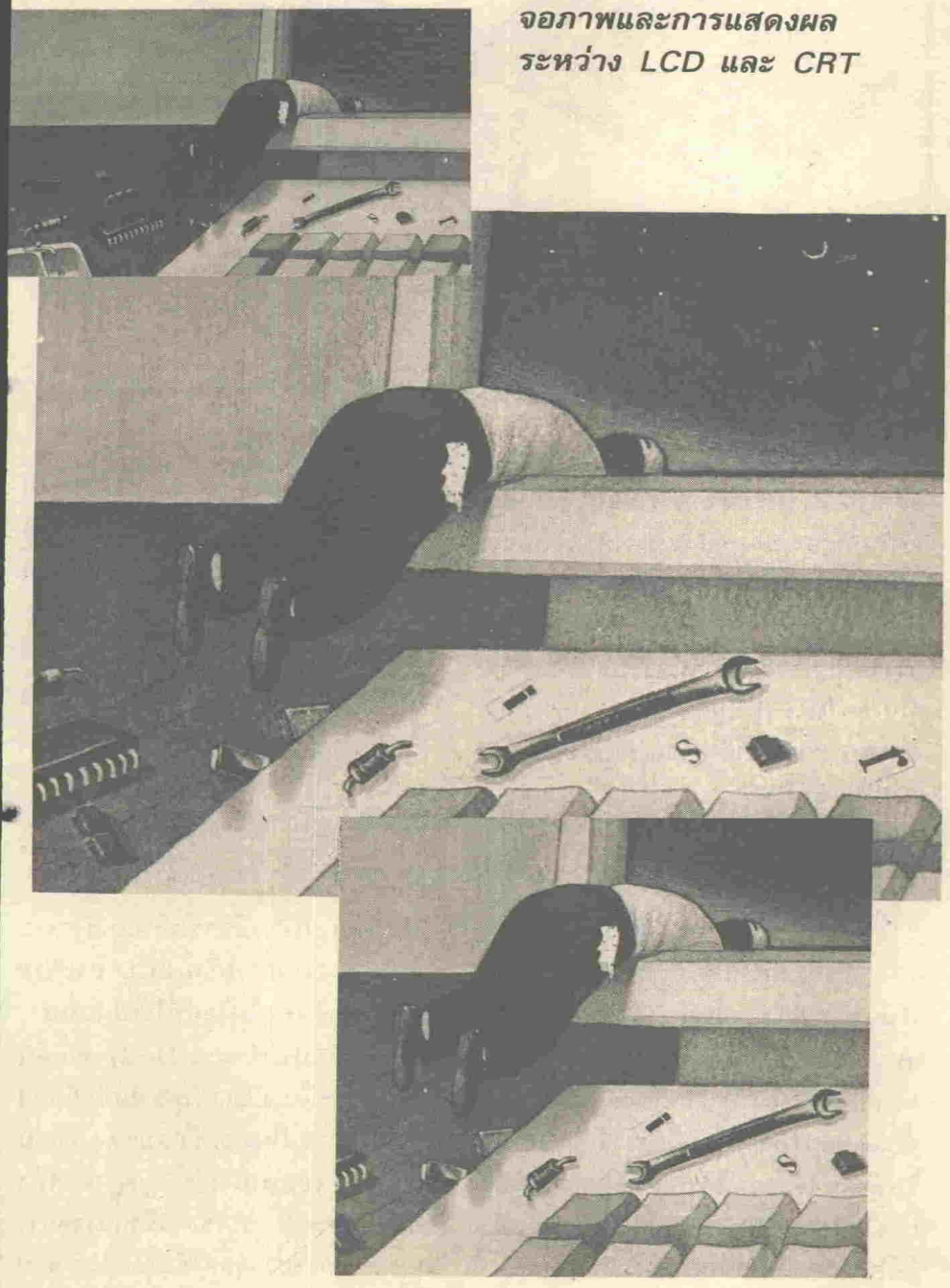
บทความพิเศษ

DISPLAY TECHNOLOGY

ยืน ภู่วรวรรณ

เทคโนโลยีLCD
จอภาพที่จะมาแทน CRT

เปรียบเทียบเทคโนโลยีจอภาพและการแสดงผลระหว่าง LCD และ CRT



เทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันอย่างมาก การใช้เครื่องไม้เครื่องมือต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวข้องกับการแสดงผลเพื่อที่จะให้ข้อมูลข่าวสารปรากฏแก่สายตาของผู้ใช้ พัฒนาการของจอแสดงผลจึงต้องพัฒนาตามอย่างต่อเนื่อง

คอมพิวเตอร์เป็นเทคโนโลยีที่ขึ้นกับการแสดงผล ผู้ใช้คอมพิวเตอร์ต้องติดต่อกับเครื่องโดยผ่านทางแป้นพิมพ์และแสดงผลออกมาทางจอภาพ เทคโนโลยีจอภาพและการแสดงผลในปัจจุบันคือ หลอดภาพ CRT และแผงแสดง LCD

CRT มีการใช้กันกว้างขวางเพราะเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนามานาน CRT เป็นจอภาพที่ใช้กับโทรทัศน์และพัฒนาต่อให้ใช้กับจอภาพของคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันมีการผลิตจอภาพหลายสิบล้านเครื่องต่อปี แม้แต่ในประเทศไทยยังมีโรงงานผลิตหลอดภาพสีถึงสองโรงงาน มียอดการผลิตกว่าล้านหลอดภาพต่อปี

หากพิจารณาที่เทคโนโลยีการแสดงผล โดยพิจารณาหลักการของการใช้แสงเพื่อสร้างงาน เราสามารถแบ่งแยกหลักการออกเป็นสองประเภท ประเภทหนึ่งคือ การให้แหล่งกำเนิดแสงแสดงภาพหรือตัวอักษรโดยตรง หลักการนี้ใช้ในจอภาพ CRT ซึ่งอาศัยลำอิเล็กตรอนกระทบกับสารเรืองแสงที่ติดอยู่ที่จอภาพ สารเรืองแสงจะเปล่งแสงออกมา

ให้ตามองเห็น อีกประเภทหนึ่งคือ การใช้แสงที่มีอยู่แล้วให้เกิดคุณค่า โดยการใช้หลักการสะท้อน หรือสร้างสิ่งแวดล้อมให้ส่องทะลุ กล่าวคือ ปิดเปิดลำแสงที่มีอยู่แล้วให้ปรากฏสู่สายตา การควบคุมแสงที่มีอยู่แล้วด้วยการให้ส่องทะลุผ่านหรือกั้นไว้ หรือสะท้อน เป็นลักษณะของเทคโนโลยี LCD (Liquid Crystal Display) **แผงแสดงผลึกเหลว**

อย่างไรก็ดี การแสดงผลบนจอภาพส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยี CRT เพราะ CRT มีราคาถูกกว่า มีการพัฒนามานาน มีการผลิตในขั้นอุตสาหกรรมมาก มีความคงทน เชื่อถือได้ CRT จึงเป็นเทคโนโลยีที่อยู่คู่กับคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะไมโครคอมพิวเตอร์ตั้งแต่เริ่มต้น

สำหรับ LCD ได้เริ่มมีการนำมาใช้ในจอแสดงผลในเครื่องคอมพิวเตอร์แบบแลปท้อป แบบโน๊ตบุ๊ค แบบพาล์ม-ท้อป การแสดงผลของ LCD มีลักษณะจอแบบแบนราบ น้ำหนักเบา กินไฟน้อย

เทคโนโลยี LCD มีการพัฒนาดีขึ้นตามลำดับ ปัจจุบัน LCD ที่แสดงผลเป็นสี มีจุดเด่น และกำลังเข้ามามีบทบาทต่อวงการคอมพิวเตอร์และโทรทัศน์ LCD จะก้าวหน้าต่อไปอย่างไร เป็นสิ่งที่จะต้องติดตาม

รูปที่ 1 แผงแสดงผล LCD ใช้งานได้กว้างขวาง

พัฒนาการของ LCD

LCD มีการพัฒนาที่ก้าวหน้าขึ้นอย่างรวดเร็ว เริ่มจากการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้กับเครื่องคิดเลขและนาฬิกาดิจิตอล หลังจากนั้นก็พัฒนาต่อเนื่องเพื่อรองรับความต้องการที่มีมาก และมีแนวโน้มการใช้ที่กว้างขวาง เทคโนโลยี LCD เป็นเทคโนโลยีที่มียุคสมัย และแบ่งยุคได้ตามการพัฒนาเป็นขั้นเหมือนยุคของคอมพิวเตอร์

ยุคแรก (ปี พ.ศ. 2516-2518) สร้างฐานของเทคโนโลยี

ในยุคนี้เป็นยุคที่เริ่มต้นของการพัฒนา LCD เทคนิควิธีการที่ใช้เป็นแบบ DSM (Dymamic Seattering Method) และ TN (Twisted Nematic) ข้อเด่นของเทคโนโลยีนี้คือ ใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำ ใช้แรงดันต่ำ เหมาะสมที่ใช้กับเทคโนโลยี CMOS จึงนำมาประยุกต์ใช้ในเครื่องคิดเลข นาฬิกา ฯลฯ

ยุคที่สอง (ปีพ.ศ. 2518-2523) ยุคขยายฐาน

การประยุกต์ใช้งาน LCD เริ่มกว้างขวางมากขึ้น เทคโนโลยีที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นแบบ TN โดยพัฒนาให้แผงแสดงมีลักษณะบางและกะทัดรัด และเริ่มใช้ตัวสะท้อนให้มีสี การประยุกต์ใช้งานส่วนใหญ่ยังคงเป็นเรื่องของเครื่องคิดเลข นาฬิกา ฯลฯ

ยุคที่สาม (ปี พ.ศ. 2523-2527) ยุคกระจาย

ในยุคนี้เริ่มมีการผลิตแพร่หลาย มีการตั้งโรงงานการผลิต LCD กระจายขึ้นทั่วโลก เทคโนโลยีที่ใช้เป็นแบบ TN และ GH (Guest Host) ข้อเด่นที่ได้ในยุคนี้คือ LCD มีความเชื่อถือสูง มีความคงทน มีความเข้มคมชัด มีความเร็วในการตอบสนองต่อสัญญาณไฟฟ้าได้เร็ว การขยายการใช้งานจึงกว้างขวางขึ้นมาก มีการประยุกต์ใช้ในกล้องถ่ายรูป

รถยนต์ แผงแสดงของจอคอมพิวเตอร์ เกม และอุปกรณ์สำนักงานต่าง ๆ การก้าวเข้าสู่รถยนต์ก็เพราะว่าสามารถลดอุปกรณ์การวัดที่ต้องอาศัยกลไกมาเป็นอิเล็กทรอนิกส์ได้มาก การแสดงผลเป็นแบบพาสซีฟจึงไม่สร้างความเครียดให้กับสายตา

ยุคที่ 4 (จากปี พ.ศ. 2527-ปัจจุบัน) ยุคท้าทายที่จะแทน CRT

การใช้งานกว้างขวางและมีตลาดรองรับอยู่มาก เทคโนโลยีที่ก้าวเข้ามาในยุคนี้คือ การใช้ TFT หรือ Thin Film Transistor เพื่อสร้างจอภาพแสดงผลแบบแอคตีฟ ข้อดีคือ สามารถมัลติเพล็กซ์สัญญาณการแสดงผลได้เร็ว ทำให้จอภาพมีขนาดใหญ่ขึ้น ราคาถูกลง แสดงสีได้เหมือนธรรมชาติ การประยุกต์ใช้งานจึงเน้นจำพวกโทรทัศน์จอแบน จอคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์เครื่องมือวัด เกม ฯลฯ

ทำไม LCD จึงท้าทาย CRT

จากที่กล่าวแล้วว่า LCD เป็นแผงแสดงผลที่แตกต่างจาก CRT ตรงที่ตัว LCD ไม่ได้เปล่งแสงออกมา แต่ใช้หลักการควบคุมแสง จึงมีข้อเด่นมากมายเมื่อเปรียบเทียบกับ CRT

จุดเด่นของ LCD จึงแสดงผลได้แม้ในสิ่งแวดล้อมที่มีแสงจ้าหรือกลางแจ้ง การมองเห็นได้ชัดเจนโดยไม่จางเหมือนอุปกรณ์ที่กำเนิดแสงเช่น CRT หรือ LED LCD ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำมาก โดยทั่วไปใช้กำลังงานไฟฟ้าเพียง 1-10 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซ็นติเมตร ใช้แรงดันไฟฟ้าขับที่แรงดันต่ำ จึงใช้วงจรซีมอสที่ทำงานเพียง 3 โวลต์ก็สามารถขับ LCD ได้ จึงใช้ในวงจรคอมพิวเตอร์หรือวงจรดิจิตอลทั่วไปได้ แหล่งจ่ายไฟสำหรับ LCD ใช้แหล่งเดียวและแรงดันไฟระดับเดียว จึงไม่ยุ่งยากซับซ้อนในการใช้งาน

การแสดงผลของ LCD มีความคมชัดไม่มีการกะพริบหรือภาพสั่นไหว ไม่สร้างสัญญาณเสียงรบกวน มีขนาดกะทัดรัด น้ำหนักเบา แบนราบ ขนาดแสดงผลมีขนาดเหมาะสมกับการประยุกต์เข้ากับอุปกรณ์ต่าง ๆ ผู้ออกแบบรูปแบบการแสดงผลทำได้ตามต้องการ

ด้วยเทคโนโลยีปัจจุบัน LCD แสดงผลในลักษณะหลายสี เหมือนจอ CRT ได้ การเชื่อมต่อไม่ต้องมีกลไกจึงทำให้ออกแบบประยุกต์ได้ง่าย

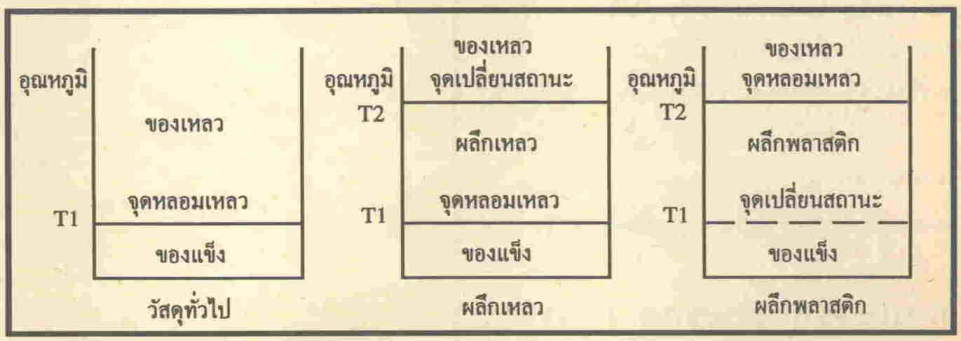
การใช้งานจึงกว้างขวาง... ในอนาคตยิ่งกว้างไกล

ด้วยเหตุที่ LCD เป็นแผงแสดงผลที่มีคุณสมบัติที่ดีเยี่ยม จึงประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายมากมาย

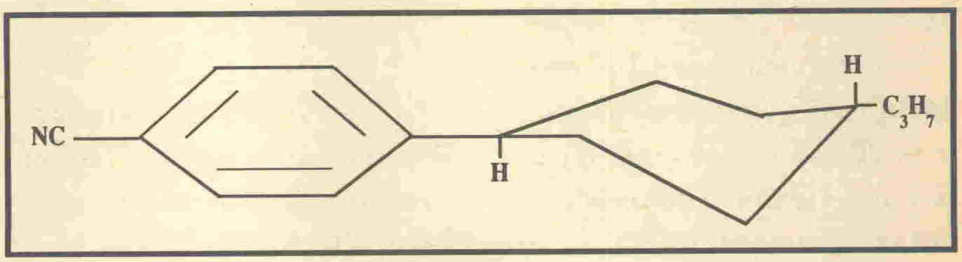
- ใช้ในนาฬิกาข้อมือ นาฬิกาดิจิตอล เพราะแสดงผลได้ตลอดเวลา กินกำลังงานน้อย แสดงผลได้หลายรูปแบบ จึงมีผู้ออกแบบเป็นออร์แกไนเซอร์ตั้งโต๊ะได้
- ใช้ในเครื่องคิดเลขแบบต่าง ๆ ตั้งแต่แบบพกพาถึงแบบตั้งโต๊ะ
- ใช้ในทีวีและเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยเฉพาะทีวีจอแบนจะได้รับการประยุกต์แพร่หลายในไม่ช้านี้
- ใช้เป็นแผงแสดงหน้าปัทม์รถยนต์
- ใช้เป็นจอภาพของคอมพิวเตอร์เกม ฯลฯ

หลักการพื้นฐานของ LCD

สารผลึกเหลวที่ใช้ใน LCD เป็น



รูปที่ 2 โครงสร้างการเปลี่ยนสถานะของวัสดุต่าง ๆ



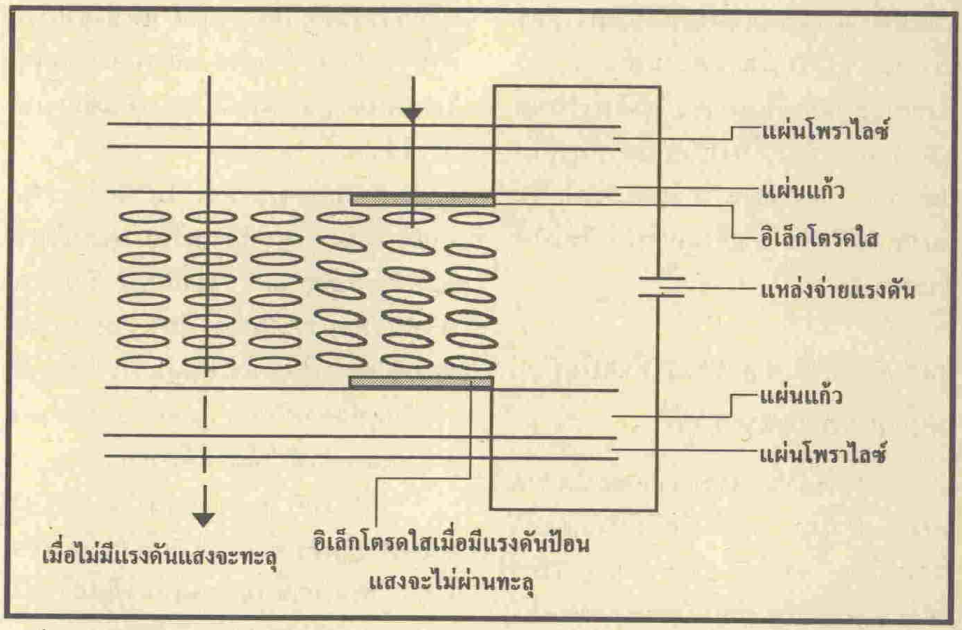
รูปที่ 3 สูตรโมเลกุลของ ผลึกเหลว

สารสังเคราะห์ที่จัดได้ว่าเป็นสารใหม่ที่พัฒนากันมาเมื่อไม่นานนี้ คำว่าผลึกเหลว (liquid crystal) หมายถึง สารที่อยู่ระหว่างของแข็งกับของเหลว ปกติสารทั่วไปเมื่อเป็นของแข็งที่อุณหภูมิหนึ่งครั้นได้รับอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะหลอมละลายเป็นของเหลว แต่สำหรับผลึกเหลวนี้มีคุณสมบัติพิเศษคือ มีช่วงอุณหภูมิที่กว้างสำหรับสถานะที่อยู่ระหว่างของแข็งกับของเหลว ดังรูปที่ 2

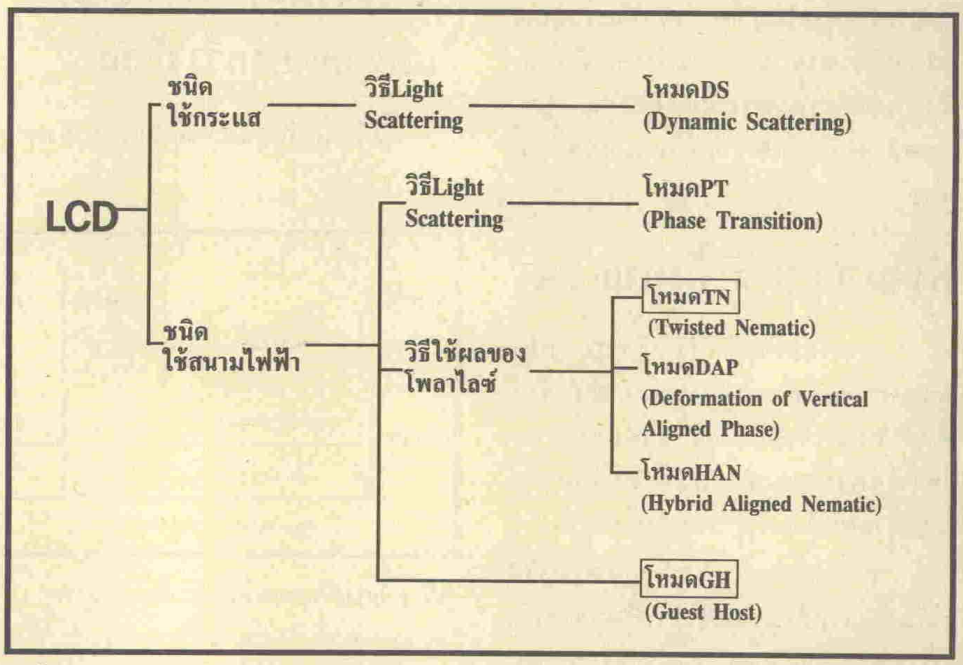
ผลึกเหลวจึงแตกต่างจากวัสดุทั่วไปที่มีจุดหลอมเหลวที่เปลี่ยนสถานะจากของแข็งกับของเหลว หรือแม้แต่พลาสติกก็จะเริ่มอ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนจนถึงหลอมละลาย แต่สำหรับผลึกเหลวมีลักษณะพิเศษ ชนิดของผลึกเหลวแยกตามโครงสร้างโมเลกุล เช่น แบบเนมาติก (nematic) แบบสเมติก (smetic) แบบคอเลสเตริก

แบบที่ใช้ในแผงแสดงคือ แบบเนมาติก ซึ่งมีลักษณะพิเศษหลายประการ คือ เป็นผลึกเหลว ตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยสัญญาณไฟฟ้าภายนอก ที่ทำให้การตอบสนองต่อแสงเปลี่ยนไป

โครงสร้างโมเลกุลเป็นแบบ trans-4 Propy 1-(4-cyanophenyl)-cyclohexane เขียนรูปสูตรโมเลกุลเป็นดังรูปที่ 3



รูปที่ 4 โครงสร้างของผลึกเหลวชนิด TN



รูปที่ 5

หลักการทำงานของ LCD

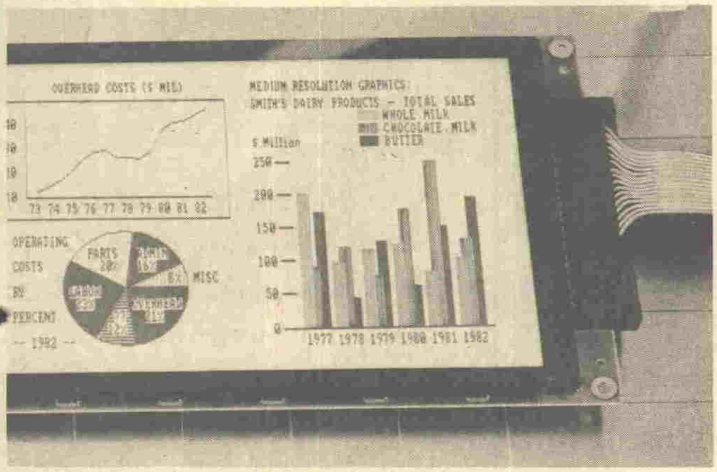
ปรากฏการณ์ของผลึกเหลวเป็นปรากฏการณ์ที่มีลักษณะพิเศษจากสารอื่น ๆ

ในสถานะปกติ เมื่อยังไม่มีแรงดันไฟฟ้าป้อนให้ โมเลกุลของผลึกเหลววางตัวเป็นเกลียวในแนวคอลัมน์ แต่เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับผลึกเหลว โครงสร้างโมเลกุลจะกระจัดกระจายอย่างสุ่ม (ดังแสดงในรูปที่ 4)

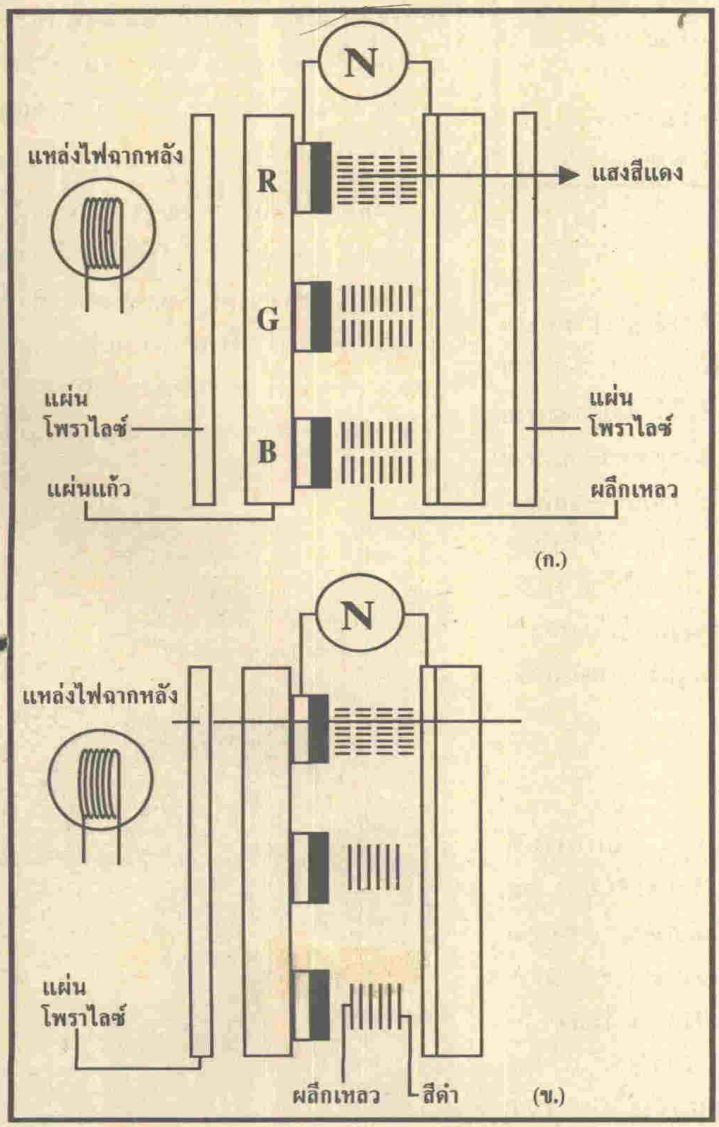
โครงสร้างผลึกที่จัดตัวเป็นเกลียวจึงทำให้แสงผ่านทะลุลงไปได้ แต่เมื่อมีสนามไฟฟ้า ผลึกจะกระจัดกระจาย แสงจึงผ่านไม่ได้ ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้เกิดลักษณะการแสดงผลเป็นแบบขาวและดำ

การแบ่งชนิดของ LCD

การแบ่งชนิดของ LCD มีพื้นฐานมาจากคุณสมบัติที่สัมพันธ์กับแสงดังไดอะแกรม



รูปที่ 6
แผงแสดงที่ใช้กับจอภาพคอมพิวเตอร์



รูปที่ 7
ก. ภาพแสดง LCD สีแบบ TN
ข. ภาพแสดง LCD แบบ GH

วิธีการที่ใช้กันในปัจจุบันเป็นแบบ TN และ GH อย่างไรก็ดี พัฒนาการได้ก้าวหน้าไปมาก มีการพัฒนาสารผลึกเหลวที่มีคุณสมบัติพิเศษอีกหลายอย่าง

การแสดงผลแบบสี

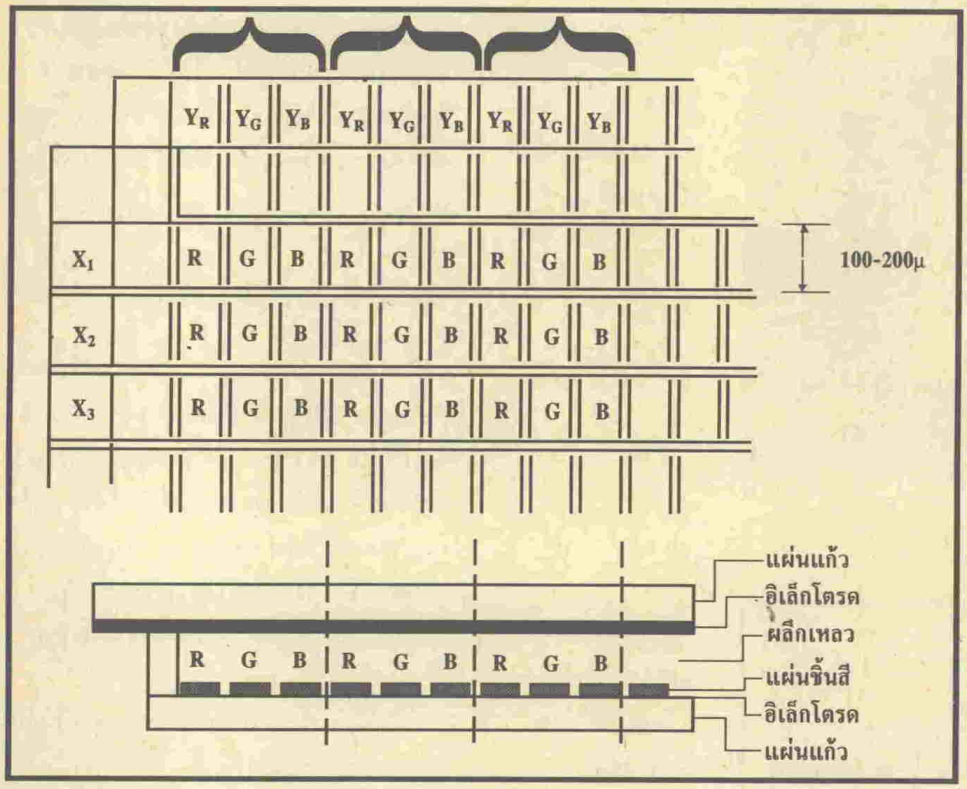
จากการที่ให้แสงวิ่งผ่านลงไปแล้ว ควบคุมการโพลาไลซ์ให้แสงผ่านทะลุหรือปิดกั้นไว้ การกำเนิดสีของจุดแสดงผลมีหลายวิธี เช่น ใช้ตัวโพลาไลซ์สี หรือการพิมพ์สีไว้ด้านหลังให้มองทะลุไปเห็นจุดสี หรือใช้วิธีการกรองสีบางสีออก หรืออาจพิมพ์จุดสีไว้ที่แผ่นแก้วด้านหลัง

ลักษณะของการแสดงจุดสีของ LCD แสดงดังรูปที่ 7

การแสดงผลด้วยจุดสีนี้ต้องประกอบด้วยสีแดง เขียว และฟ้า เพื่อประกอบกันเป็นสีที่เกิดจากการผสมของแม่สีทั้งสาม การแสดงผลบนจอภาพ LCD ใช้ตารางกริดเล็ก ๆ ที่เรียกว่า แมตริกซ์ดิสเพลย์ ดังแสดงในรูปที่ 8

นอกจากวิธีการที่จะให้แสงสะท้อนให้เห็นจุดสีแล้ว ยังมีแบบที่ใช้หลักการกรองสีของแสงให้เหลือแสงสีที่ต้องการ ลักษณะเช่นนี้จะทำให้เห็นจุดสีได้เช่นกัน การสร้างจุดสีในยุคปัจจุบันจึงมีหลายเทคโนโลยี แต่ละเทคโนโลยีให้ข้อดีข้อเสียต่างกัน การผลิตจอภาพ LCD ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์แบบแมตริกซ์ดิสเพลย์มีหลายเทคโนโลยีดังนี้

- PMLCD-พาสซีฟแมตริกซ์ LCD
- AMLCD-แอคตีฟแมตริกซ์ LCD
- ACPDP-AC พลาสมาดิสเพลย์พาเนล



รูปที่ 8 แมตริกซ์ LCD

- ACTFEL-AC ทินฟิล์มอิเล็กโตรลูมิเนสเซนต์
- FED-ฟิลด์อิมิสชั่นดิสเพลย์

PMLCD

พาสซีฟแมตริกซ์ LCD แสดงผลได้ค่อนข้างช้า ผลึกเหลวที่ใช้จะต้องใช้เวลาอย่างน้อยถึง 100-200 มิลลิวินาที ในการตอบสนองต่อสนามไฟฟ้า เมื่อให้ทำงานเร็ว ๆ จะมีภาพเงาและรอยจาง ๆ พาสซีฟแมตริกซ์แบบ TNLCD จึงไม่เหมาะกับจอเวอร์กสเตชันและจอคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้เพราะมุมมองของการเห็นจะแคบ

SNTLCD (Supertwist nematic LCD) ให้ผลลัพธ์ในมุมมองที่กว้างกว่า และมีการปรับความเข้มได้มากกว่า ส่วนของการแสดงผลได้จุดที่ละเอียดกว่าพวก TNLCD การใช้ SNT หมายถึง ต้องใช้ผลึกเหลวมากกว่า STNLCD เป็นเทคโนโลยีดิสเพลย์ที่ใช้ในจอแสดงผลในเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊คและแลปท้อป

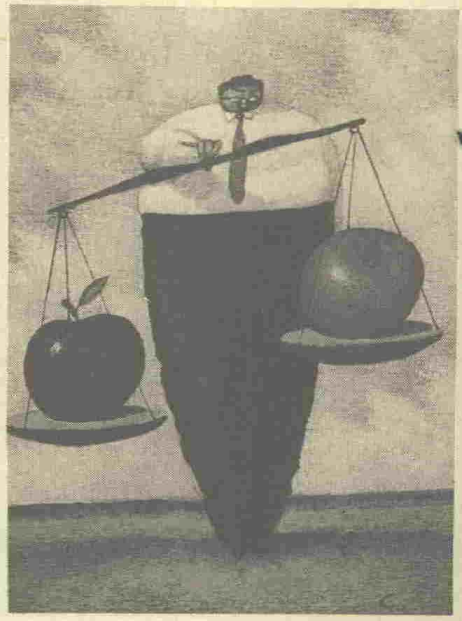
ปัจจุบันมีการใช้ Double supertwist nematic หมายถึง มีชั้นของผลึกเหลวสองชั้น เพื่อทำให้การปรับความเข้มของการแสดงผลได้มากกว่า และเพิ่มมุมมอง แต่ก็จะมีน้ำหนักและราคาที่สูงขึ้น

AMLCD

แอคตีฟแมตริกซ์ มีลักษณะที่แตกต่างจาก PMLCD AMLCD จะได้รับการกระตุ้นด้วยสัญญาณตลอดเวลา วิธีนี้จะทำให้ความสว่างของการแสดงผลมากกว่า AMLCD จึงมีความเข้มแสงที่ปรับได้ถึง 100 : 1 การใช้แอคตีฟ หมายถึง มีวงจรขับที่เป็น TFT (thin film transistor) หรือไดโอดกระตุ้นตลอดเวลา ทำให้การตอบสนองได้เร็วกว่า จึงทำให้การแสดงภาพได้ชัดเจน

เนื่องจากต้องมีทรานซิสเตอร์ติดบนแผ่นฟิล์มขนาดใหญ่ และหากต้องการให้จอแสดงผลละเอียดและแสดงสี จะต้องใช้ทรานซิสเตอร์ติดบนฟิล์มเป็นล้านตัว กรรมวิธีการสร้างจึงเหมือนกับการสร้างไอซี แต่วิธีการต่างกันตรงที่ทรานซิสเตอร์ไม่ได้อยู่บนแผ่นเวเฟอร์ แต่จะติดบนแผ่นฟิล์ม ดังนั้น AMLCD จึงผลิตได้ยาก มีขบวนการผลิตซับซ้อน ผลที่ผลิตได้เมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของดี จึงต่ำปัจจุบันทำได้ไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ บางบริษัทมีการผลิตได้ผลเพียง 10 เปอร์เซ็นต์

TFT จึงเป็นเรื่องที่ต้องใช้เทคโนโลยีสูง หลายบริษัทได้พัฒนาวิธีการเปลี่ยนทรานซิสเตอร์ การซ่อม การทดสอบเพื่อทำให้ต้นทุนการผลิต TFT ถูกลง คาดว่าในอนาคตการผลิต TFT จะดีขึ้นมาก ผลทางด้านราคาจะลดลง



ด้อีก ปัจจุบันราคาของแผงแสดงผล AMLCD จึงมีราคาแพง ราคาต่อแผงแสดงประมาณ 1,000-2,000 เหรียญสหรัฐ

ขณะนี้แผงแสดงแบบ AMLCD เป็นที่ต้องการมาก ผู้ผลิตในญี่ปุ่นหลายรายตัดราคาขายมาในตลาดสหรัฐอเมริกา ในราคาที่โรงงานในสหรัฐไม่สามารถผลิตได้ เพื่อกันคู่แข่งขัน อย่างไรก็ดี คาดว่าในอีก 2 ปีข้างหน้า AMLCD จะมีราคาลดลงเหลือเพียง 300-400 เหรียญสหรัฐ

LCD

ข้อแตกต่างที่ชัดเจนจาก TNLCD และ STNLCD เมื่อเทียบกับ FLCD คือ FLCD ใช้เฟอโรอิเรกตริก LCD ที่มีสถานะคงตัวสองสถานะ (bistable) เมื่อสนามไฟฟ้าทริก โดยป้อนผ่านเข้าไปแล้วหยุด สารผลึกเหลวจะรับประจุไฟฟ้าไว้และคงสถานะไว้ วิธีการนี้จึงทำให้การขับด้วยแรงดันเป็นฟัลซ์ และลดความยุ่งยาก และทำให้การผลิตได้ผลดีกว่าแบบ TFT LCD การตอบสนองต่อสัญญาณทำได้เร็วถึง 100 นาโนวินาที จึงทำให้ FLCD นำมาใช้ในการแสดงผลบนจอโทรทัศน์ได้

การสร้าง LCD ด้วยเทคโนโลยี FLCD ใช้หลักการเดียวกัน LCD แบบอื่น ๆ แต่ช่องทางระหว่างแผ่นแก้วจะลดลงเหลือเพียง 1-2 ไมครอน ซึ่งแบบเดิมมีขนาด 5-7 ไมครอน ระยะระหว่างแผ่นแก้วนี้จึงเป็นปัญหาการผลิตสำหรับจอภาพขนาดใหญ่

อย่างไรก็ตาม ในขณะนี้บริษัทแคนนอนได้กล่าวว่า ตนเองได้ประสบผลสำเร็จในการใช้ FLCD ที่มีขนาดจอภาพได้ถึง 15 นิ้ว ความละเอียดขนาด 960×1312 พิกเซล

PALC FPD

บริษัทเทคโทรนิกส์แห่งสหรัฐ-อเมริกาได้พัฒนาเทคโนโลยีการแสดงผลแบบ plasma addressed liquid crystal การใช้พลาสมามีลักษณะเหมือนแบบ TFT แต่ทำให้การผลิตง่ายกว่าและได้ผลในการผลิตสูงกว่า

การใช้ PALC เพื่อสร้างแอคตีฟ-แมตริกซ์ ทำให้ไม่ต้องการใช้ TFT แต่ใช้ก๊าซซึ่งเป็นไอออนต่อเข้าไปในแต่ละพิกเซล การกระตุ้นการทำงานจะกระทำทีละแถว

มองอนาคต

ในอดีตที่ผ่านมา CRT เป็นอุปกรณ์แสดงผลที่ครองตลาดเกือบร้อยเปอร์เซ็นต์ แต่ปัจจุบันจอภาพแบบแบนราบมีเทคโนโลยีที่พัฒนากันมาหลายแนวทาง และจะเป็นผู้ท้าชิงตลาดของ CRT

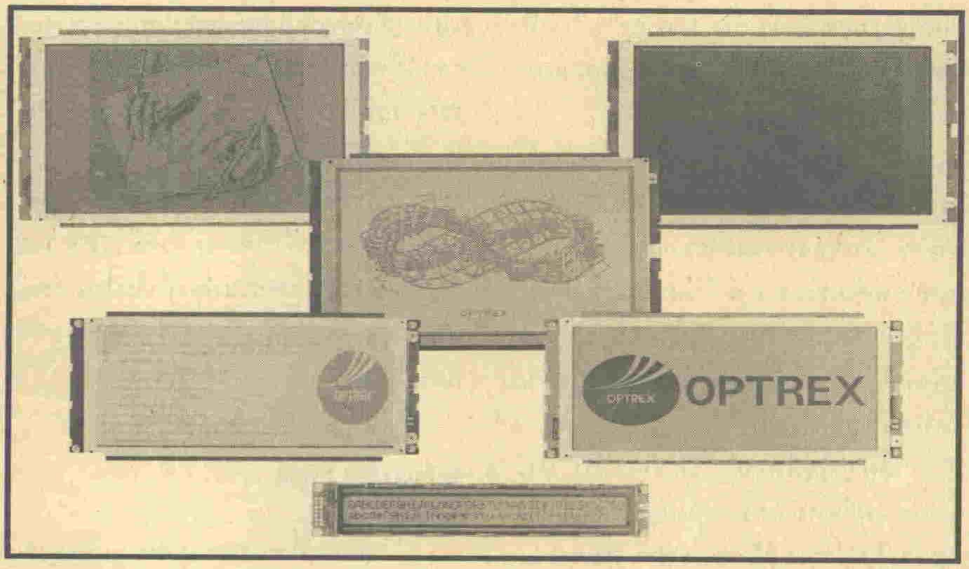
พาสซีฟแมตริกซ์ LCD ได้เริ่ม

ชนิดของ LCD				
	PMLCD	**AMLCD**	**FLCD**	**PALC FPD**
ขนาดเส้นทะแยงมุม	10	10	15	10 1/10
กำลังงานไฟฟ้า (วัตต์)	65	39	NIA	8
พิกเซล	640×480	640×480	1280×1024	654×480
ความสว่าง (ในหน่วย Footlamberts)	200	100	NIA	24 เทียบได้ = 80 แรงเทียน/2*
สี	4096	4096	16	4096
มุมมอง	±55 แนวนอน +15, −45 แนวตั้ง	±55 องศา	±40 แนวดิ่ง ±50 แนวราบ	±20
อัตราส่วน Contrast	60 : 1	60 : 1	40 : 1	25 : 1
การใช้งาน	จอวิดีโอ คอมพิวเตอร์ โทรทัศน์	จอวิดีโอ คอมพิวเตอร์ โทรทัศน์	จอวิดีโอ คอมพิวเตอร์ โทรทัศน์	จอคอมพิวเตอร์
มีขาย	ปัจจุบัน	ปี 1995	ปี 1993	ปัจจุบัน

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ LCD แบบต่าง ๆ

DISPLAY TECHNOLOGY

เทคโนโลยี LCD จอภาพที่จะมาแทน CRT



รูปที่ 9 แผงแสดง LCD แสดงผลด้วยสีได้ถึงกว่า 4,096 สี

เจาะตลาดเข้ามาก่อน แต่เนื่องจากการตอบสนองต่อการแสดงผลยังช้า จอภาพ LCD ในยุคแรกจึงต้องรอการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น และเมื่อความต้องการที่จะให้ผลตอบสนองต่อการแสดงผลแบบรวดเร็วดีขึ้น จึงต้องหันมายังเทคโนโลยี AMLCD FLCD

ญี่ปุ่นเป็นประเทศที่ผลิต LCD แบบจอกว้างที่ใช้ในคอมพิวเตอร์รายใหญ่ ตลาด LCD สำหรับจอคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีมูลค่าหลายพันล้านเหรียญสหรัฐ การลงทุนทางด้านวิจัยและพัฒนาจึงเป็นเรื่องท้าทาย พัฒนาการของ AMLCD จึงได้รับการพัฒนาให้ดีขึ้น มีราคาถูกลง และแสดงผลได้สวยงามสว่างคมชัด

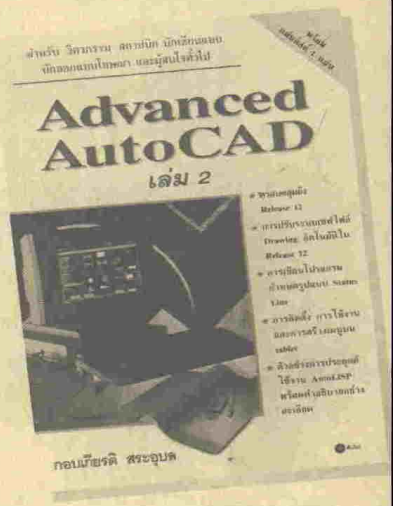
ทั้งทางด้าน CRT และจอแสดงผลแบบแบนราบจะยังคงขยายตัวอีกมาก หน่วยวิจัยตลาดของบริษัทสแตนฟอร์-รีซอร์สทำนายว่า จอภาพ CRT มีอัตราการขยายตัวประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ต่อปี โดยมีมูลค่า 11.6 พันล้านเหรียญในปี 1991 และจะมีมูลค่า 19 พันล้านเหรียญในปี 1997 แต่สำหรับจอภาพแบนราบแบ่งส่วนแบ่งในปี 1991 มียอดขาย 4.6 พันล้านเหรียญ และจะเติบโตเป็น 7.3 พันล้านเหรียญในปี 1995

จอภาพ LCD จะขยายตัวและแพร่หลายเพียงไรก็คงจะต้องคอยดูกันต่อไป แต่เชื่อแน่ว่าพัฒนาการของ LCD ยังมีหนทางการพัฒนาได้อีกมากแนวโน้มทางด้านราคาจะลดลงอีก

หนังสือที่...

วิศวกร สถาปนิก นักออกแบบโฆษณา

ต้องอ่าน



หนังสือ Advanced AutoCAD เล่ม 2 นี้ มีเนื้อหาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ AutoCAD ให้มีประสิทธิภาพ มากขึ้นโดยครอบคลุมถึง Retease 12 เนื้อหาต่าง ๆ ได้แก่

- การปรับระบบล็อคไฟท์
- การปรับระบบเซฟไฟล์ drawing อัตโนมัติ
- การใช้เอดิเตอร์แบบเต็มจอภาพ (full screen editor) บน AutoCAD
- การติดตั้ง/การใช้งาน/การสร้างเมนูบนอุปกรณ์ชี้ที่เรียกว่า tablet (digitizer)
- ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานโปรแกรม AutoLISP พร้อมคำอธิบายหลักการเป็นขั้นตอนโดยละเอียด
- การเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบ status line ขึ้นใช้งาน

หาซื้อได้ตามร้านหนังสือชั้นนำทั่วไป
หรือที่ ซีเอ็ดบุ๊คเซ็นเตอร์ทุกสาขา
และสั่งซื้อได้ที่ซีเอ็ด สำนักงานใหญ่
โทร 248-6280

มีจำหน่ายแล้ว